

( PN ) Publication number ( Click to look for this document on Esp@ceNet ):

DE 10008228 A1 20010830

( PR ) Priority number:

20000217- DE 10008228A

( FA ) Family data:

DE 10008228 20010830

( AP ) Application number:

DE 10008228A 20000217

( PA ) Applicant:

FRAUNHOFER GES FORSCHUNG

( IN ) Inventor:

KALKOWSKI GERHARD

RISSE STEFAN

HARNISCH GERD

GEBHARDT ANDREAS

( ECM ) EPO Class:

G 02B 26/12

( ICM ) Int'l Class:

7G 02B 7/182 A

( IC2 ) Int'l Class (additional):

7G 02B 26/08 B

7G 02B 26/10 B

7G 02B 7/198 B

( TI ) Title:

Optical element alignment relative shaft uses bi-directional shaft and shaft platform mounting adjusters directly contacting shaft and element to find element tipping angle.

( AB ) Abstract:

The optical element (6) has two radially outer reflecting planar faces and is drilled out for the shaft (3) whose platform (4) mounts three adjusters (5) in direct contact with both element (6) and shaft (3). When the shaft is turned in either direction, it is the angle inclination of the reflecting faces of the elements, measured in relation to a stationary observation direction fixed relative the axis of rotation, which gives the degree of tipping of the optical element (6) in relation to the shaft rotation axis. Shaft and element should be glued to one another or soldered together or welded. Fluid is introduced between the shaft and bearing cups (1,2) via feeds (21).



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 08 228 A 1**

⑤① Int. Cl.7:  
**G 02 B 7/182**  
G 02 B 26/08  
G 02 B 26/10  
G 02 B 7/198

⑲ Aktenzeichen: 100 08 228.9  
⑳ Anmeldetag: 17. 2. 2000  
㉑ Offenlegungstag: 30. 8. 2001

**DE 100 08 228 A 1**

⑦① Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 01217  
Dresden

⑦② Erfinder:  
Kalkowski, Gerhard, Dr., 07745 Jena, DE; Risse,  
Stefan, Dipl.-Ing., 07749 Jena, DE; Harnisch, Gerd,  
07749 Jena, DE; Gebhardt, Andreas, Dipl.-Ing.,  
99510 Apolda, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Ausrichtung eines optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse einer Welle

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausrichtung eines optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse einer Welle, wobei diese beiden Elemente der Ausrichtung dauerhaft miteinander verbunden werden. Eine so hergestellte Einheit kann vorteilhaft für eine hochauflösende Bildprojektion mittels Laserlichtquellen auch für die Projektion großformatiger Bilder mit hohen Bildraten eingesetzt werden. Aufgabengemäß soll das optische Element in Bezug zur Rotationsachse der Welle sehr genau ausgerichtet und im Nachgang dazu dauerhaft miteinander verbunden werden, um Abbildungsfehler auch bei hohen Zeilengeschwindigkeiten von zu projizierenden Bildern weitestgehend zu vermeiden. Hierzu wird das optische Element, indem mindestens zwei reflektierende Planflächen radial außen angeordnet sind, lose mit der Welle verbunden, indem die Welle in einer Bohrung des optischen Elementes eingeführt wird. Dabei ist die Welle beidseitig drehbar gelagert. Zusätzlich wird an der Welle temporär eine Plattform als Träger von Stellelementen befestigt. Es werden mindestens drei Stellelemente, die in unmittelbarem Kontakt mit dem optischen Element stehen, verwendet. Bei der Justierung wird die Welle dann um ihre Rotationsachse gedreht und die Neigungswinkel der Flächennormalen der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes in Bezug zu einer stationären Beobachtungsrichtung gemessen. Die Messung erfolgt für die unterschiedlichen Drehwinkel und die Beobachtungsrichtung verläuft ortsfest zur ...

**DE 100 08 228 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ausrichtung eines optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse einer Welle, wobei optisches Element und Welle nach der Ausrichtung dauerhaft miteinander verbunden werden.

Eine solche Einheit, bestehend aus einem optischen Element und einer Welle soll bevorzugt für eine hochauflösende Bildprojektion mittels Laserlichtquellen, als Bestandteil einer Scannerbaugruppe eingesetzt werden. Für die Projektion großformatiger Bilder mit hohen Bildraten ist eine sehr schnelle Zeilenablenkung ca. 30000 Zeilen/sec entsprechend der europäischen HDTV-Norm erforderlich. Um diese hohen Geschwindigkeiten zu erreichen, wird bevorzugt ein Polygonspiegel als optisches Element, der mit Drehzahlen oberhalb 1000 Hz rotiert, verwendet. Bei einem solchen Polygonspiegel sind radial außen reflektierende Planflächen (Einzelfacetten) ausgebildet, wobei die Anzahl dieser Planflächen und deren jeweilige optische wirksame Länge auch die geometrischen Verhältnisse für das zu projizierende Bild abgestimmt sind, so dass durch Reflexion an einer Planfläche möglichst jeweils die Länge einer Bildzeile abgebildet werden kann.

Ein solches optisches Element muss entsprechend hochgenau justiert und ausgewuchtet werden, um Bildfehler bei der Projektion zu vermeiden.

Bei kleineren Bildraten kann an Stelle eines Polygonspiegels auch ein Prisma mit mindestens zwei reflektierenden Planflächen, die zur Projektion genutzt werden können, Verwendung finden.

Bei der Projektion solcher Bilder werden Laserstrahlen in den für Farabbildungen üblichen Grundfarben entsprechend moduliert, über einen Lichtwellenleiter auf die Planflächen des rotierenden optischen Elementes gerichtet und von dort über einen mindestens um eine Achse verschwenkbaren Scannerspiegel auf die Projektionsebene gerichtet, wobei Zeile für Zeile abgefahren und bei den bereits erwähnten hohen Geschwindigkeiten ein flächiges Bild projiziert werden kann.

Da es aus fertigungstechnischen Gründen schwierig und kostenintensiv ist, ein einteiliges optisches Element mit rotierender Welle herzustellen, das die erforderlichen Genauigkeiten erreicht, ist es erforderlich, ein optisches Element mit einer drehbaren Welle zu verbinden, wobei eine sehr genaue Ausrichtung der reflektierenden Planflächen in Bezug zur Rotationsachse der Welle erreicht werden soll.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Möglichkeit vorzuschlagen, mit der das optische Element in Bezug zur Rotationsachse der Welle sehr genau ausgerichtet und nach erfolgter Justierung eine dauerhafte Verbindung zwischen optischem Element und Welle hergestellt werden kann, um Abbildungsfehler auch bei hohen Zeilengeschwindigkeiten von zu projizierenden Bildern weitestgehend zu vermeiden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich mit den in den untergeordneten Ansprüchen genannten Merkmalen.

Bei der Ausrichtung eines optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse einer Welle wird erfindungsgemäß so vorgegangen, dass das optische Element, mit mindestens zwei radial äußeren reflektierenden Planflächen, eine Bohrung aufweist, in der das optische Element lose gehalten ist und die eine Verkipfung auf der Welle zulässt.

An dieser Welle wird für die Ausrichtung eine Plattform temporär befestigt. Auf der Plattform sind mindestens drei Stellelemente vorhanden, die in unmittelbarem Kontakt mit dem optischen Element stehen und deren Länge definiert va-

riert werden kann.

Bei der Ausrichtung ist die Welle beidseitig in Gleitlagern bevorzugt in sphärischen besonders bevorzugt in hemisphärischen Lagerschalen drehbar gelagert, um zur bei der Bildprojektion verwendeten Luflagerung nahezu gleiche Verhältnisse nachbilden zu können. Die sphärischen Lagerschalen können bikonvex, bikonkav, plankonvex oder plasmakonvex gestaltet sein.

Günstigerweise können für die Aufnahme der Welle in den hemisphärischen Lagerschalen eine hochgenaue Zustellvorrichtung und zusätzlich an den Lagerschalen Kraft- oder Drucksensoren eingesetzt werden, um reproduzierbare Verhältnisse sichern zu können.

Um die Verhältnisse einer Luflagerung auch während der Justierung nachbilden zu können, kann ein geeignetes Fluid in den Spalt zwischen Lagerschalen und Wellen eingepresst werden. Wobei sowohl gasförmige, flüssige, wie auch pastöse (z. B. Fett) Fluide eingesetzt werden können. Die Lagerschalen können doppelsphärisch oder plansphärisch ausgebildet sein.

Die so vorbereitete Einheit optisches Element, Welle mit Plattform kann dann um die Rotationsachse der Welle gedreht werden, wobei ein unterhalb der Plattform angreifender Drehversteller, mit einem elastischen Riemen weitgehend frei von Querkräften und einer Drehwinkelmesseinheit eingesetzt werden kann.

Mittels einer bevorzugt orthogonal zur Rotationsachse ausgerichteten optischen Winkelmesseinrichtung, mit einer stationären, ortsfesten Beobachtungsrichtung, kann der Neigungswinkel der Flächennormalen der jeweiligen reflektierenden Planflächen des optischen Elementes dem jeweiligen Drehwinkel zugeordnet, bestimmt werden.

Durch sukzessive definierte Variation der Länge der einzelnen Stellelemente, die auf der Plattform befestigt sind, kann ein definiertes Verkippen des optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse der Welle durchgeführt werden, wobei iterativ die Neigung des optischen Elementes verändert und hier insbesondere die Flächennormalen der reflektierten Planflächen so ausgerichtet werden, dass die Flächennormalen orthogonal zur Rotationsachse liegen.

Wird eine ausreichend kleine Toleranz, im Bereich von wenigen Winkelsekunden erreicht, werden optisches Element und Welle dauerhaft miteinander verbunden, wobei hier günstigerweise eine Klebverbindung, durch dosierten Klebstoffauftrag schräg von oben, erfolgen kann. Der Klebstoff wird dosiert in den Spaltbereich zwischen Welle und optischem Element zugeführt, wobei die dosierte Zuführung z. B. mittels einer Kamera überwacht und entsprechend beeinflusst werden kann.

Die Verbindung kann auch durch Löten oder Schweißen hergestellt werden.

Für die erforderliche hochgenaue Ausrichtung des optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse sollten sämtliche Neigungswinkel der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes einmal vor der Ausrichtung mit Hilfe der Stellelemente und nach Längenvariation, wie nachfolgend noch beschrieben, wiederholt bestimmt werden, bis die Ausrichtung in der erforderlichen Genauigkeit erreicht worden ist.

Die drei Stellelemente können auf der Plattform symmetrisch angeordnet sein, wobei sie in jeweils gleichen Winkelabständen und in gleichen Abständen zur Rotationsachse der Welle angeordnet sind. Bei drei Stellelementen in einer 3 · 120° Winkelanordnung zur Rotationsachse ist darauf zu achten, dass die Längenänderung eines der Stellelemente zwecks Verkipfung des optischen Elementes, nicht einen vorausgehenden Justierschritt, der mit einem der anderen Stellelement durchgeführt worden ist, sogar wieder rück-

gänglich macht. Daher erfolgt die Justierung des optischen Elementes vorzugsweise in einer koordinierten Bewegung der Stellelemente, so dass sich zwei näherungsweise orthogonale Kippachsen senkrecht zur Rotationsachse einstellen.

Bei der Ausrichtung mit einer solchen Anordnung der Stellelemente wird so vorgegangen, dass eines der drei Stellelemente um einen bestimmten, bekannten Betrag in seiner Länge verändert wird. Die Länge kann also um diesen Betrag vergrößert oder verkleinert werden. Die beiden anderen Stellelemente werden dann um den jeweils halben Betrag in der entgegengesetzten Richtung verändert. Hierdurch stellt sich eine Verkipfung des optischen Elementes, bzw. Drehung um eine orthogonal zur Rotationsachse ausgerichtete erste Achse ein. Im Allgemeinen ist zur vollständigen Ausrichtung des optischen Elementes eine weitere Verkipfung bzw. Drehung um eine weitere, zur ersten Achse und zur Rotationsachse ebenfalls orthogonal ausgerichteten Achse erforderlich. Diese Drehung erfolgt, indem die Einstellung des ersten Stellelementes beibehalten und die anderen Stellelemente um einen zweiten Betrag in jeweils einander entgegengesetzten Richtung in ihrer Länge verändert werden. Nach dieser definierten Verkipfung des optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse der Welle werden die Neigungswinkel zwischen ortsfester Beobachtungsrichtung der optischen Messeinrichtung und den Flächennormalen der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes erneut bestimmt und in einem elektronischen Speichermedium dem jeweiligen Drehwinkel der Welle zugeordnet zwischengespeichert.

Dieser Vorgang wird wiederholt, nachdem die Länge der zwei letztgenannten Stellelemente um einen gleichen Betrag in die jeweils entgegengesetzte Richtung, ausgehend von ihrer Ausgangslänge verändert worden ist.

Durch Vergleich der entsprechend ermittelten Neigungswinkel kann dann ermittelt werden, inwiefern das optische Element weiter mittels der Stellelemente in Bezug zur Rotationsachse der Welle verkippt werden muss, um die Planflächen in der gewünschten und für den Einsatz erforderlichen Genauigkeit in Bezug zur Rotationsachse der Welle ausrichten zu können. Anstatt die Verkipfungen um die beiden Achsen unmittelbar hintereinander auszuführen, kann auch bereits nach der ersten Verkipfung eine erneute Messung der Neigungswinkel erfolgen, und hierauf aufbauend die Verkipfung um die zweite Achse erfolgen.

In einer anderen Variante können die drei Stellelemente aber auch an drei Eckpunkten eines Quadrates angeordnet werden. Der Mittelpunkt dieses Quadrates liegt dabei in der Rotationsachse der Welle. Dadurch dass lediglich die beiden Stellelemente in ihrer Länge verändert werden, die in einer Verbindungslinie mit dem Mittelpunkt des Quadrates liegen, werden zwei orthogonal zueinander ausgerichtete Kippachsen definiert, die sich ausserhalb des Mittelpunktes des Quadrates auf dem dritten Stellelement schneiden. Letzteres hat nur noch Auflagefunktion für das optische Element, d. h. es muss in seiner Länge nicht unbedingt veränderbar sein. Dadurch kann der Aufwand für die Verstelleinrichtung deutlich reduziert werden. Allerdings führt bei dieser Anordnung jede Kippbewegung zu einer gewissen Verschiebung des optischen Elementes auf der Welle in axialer Richtung, da jede Höhenänderung an einem der beiden Stellelemente mit veränderbarer Länge eine Verschiebung mit dem halben Betrag im Mittelpunkt des Quadrates hervorruft.

Bei einer solchen Anordnung der Stellelemente erfolgt für die Ausrichtung des optischen Elementes ein Verkippen um diese zwei Achsen, wobei das Stellelement, das im Schnittpunkt der beiden Achsen liegt, in seiner Länge nicht verändert wird und die beiden anderen Stellelemente jeweils in ihrer Länge um zwei vorgebbare Beträge verändert wer-

den und in diesen Positionen jeweils die Neigungswinkel zwischen Rotationsachse und den Flächennormalen der reflektierenden Planflächen bestimmt werden.

Zur Stabilisierung des Auflageverhaltens des optischen Elementes auf den Auflagepunkten der Stellelemente kann das optische Element mit einer Druckkraft beaufschlagt werden.

Die Justierung und Ausrichtung des optischen Elementes kann so erfolgen, dass vorab die Neigungswinkel aller Planflächen bestimmt und bei Kenntnis der Neigung des optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse der Welle die Länge der Stellelemente gezielt verändert wird, wobei dieser Vorgang bei Bedarf mehrfach wiederholt werden kann.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Neigungswinkel von Planflächen, die sich in einem Winkel von  $180^\circ$  (bei geradzahlgiger Anzahl von Planflächen) oder annähernd  $180^\circ$  (bei ungeradzahlgiger Anzahl der Planflächen) zu bestimmen und in dieser Achse eine Ausrichtung des optischen Elementes durch Variation der Längen der Stellelemente vorzunehmen und diesen Vorgang nach Drehung der Welle um bekannte Winkelbeträge so oft zu wiederholen, bis das optische Element mit seinen Planflächen ausreichend genau in Bezug zur Rotationsachse der Welle ausgerichtet ist.

Vorteilhaft ist es in jedem Fall, die gemessenen Neigungswinkel mit erwarteten Winkeln zu vergleichen, wobei für den Vergleich mit den erwarteten Winkeln eine vorab Vermessung der Winkellage der reflektierenden Planflächen am optischen Element, also die Ermittlung von Fertigungsfehlern, erfolgen sollte.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können bei der Ausrichtung von Welle und optischem Element Ausrichtungsgenauigkeiten von ca. 1 Winkelsekunde mit hoher Reproduzierbarkeit erreicht werden und demzufolge der Sinusfehler bei der Zeilenablenkung für die Bildprojektion vernachlässigbar klein gehalten werden.

Nachfolgend solle die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

Fig. 1 den schematischen Aufbau eines Beispiels einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und

Fig. 2 in übertriebener Form, Winkelabweichungen eines geneigten optischen Elementes in sich um  $180^\circ$  verdrehten Stellungen.

In der Fig. 1 ist schematisch der Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt.

Dabei ist die vertikal ausgerichtete Welle 3 stirnseitig in hemisphärischen Lagerschalen 1 und 2 aufgenommen und drehbar gelagert. Es kann aber auch einseitig eine sphärische Lagerschale und auf der anderen Seite ein Planlager verwendet werden. Dabei ist eine nicht dargestellte Zustellanordnung für zumindest eine der beiden Lagerschalen 1 oder 2 vorhanden, mit der mit definierter Kraft eine gewisse Vorspannung erreicht werden kann.

Bei diesem Beispiel sind in den Lagerschalen 1 und 2 Kanäle 11 und 21 für die Zuführung von Fluid ausgebildet, durch die ein entsprechend geeignetes Fluid mit einem Druck in den Spalt zwischen Welle 3 und Lagerschalen 1 und 2 eingepresst werden kann, um z. B. die Verhältnisse in einer Luftlagerung weitestgehend nachbilden zu können.

In nicht dargestellter Form können an den Lagerschalen 1 und 2 Kraft- oder Drucksensoren vorhanden sein, um die Einspann- und Lagerverhältnisse entsprechend überwachen zu können. So kann beispielsweise eine Regelung des zugeführten Fluides mit Hilfe von Drucksensoren erreicht werden.

An der Welle 3 ist eine Plattform 4, als Träger für drei Stellelemente 5, von denen hier zwei in der Figur sichtbar

sind, temporär befestigt.

Auf die Welle 3 ist das optische Element 6, in dem eine entsprechende Bohrung ausgebildet ist, aufgeschoben worden, wobei die untere Fläche des optischen Elementes 6 auf den Spitzen der Stellelemente 5 aufliegt.

Das optische Element 6 ist hier ein Polygonspiegel, an dessen radial äußerer Umfangsfläche 25 reflektierende Planflächen ausgebildet sind.

Als Stellelemente 5 können bevorzugt Piezosteller verwendet werden, mit denen durch Anlegen einer entsprechenden elektrischen Spannung die jeweilige Länge bzw. Höhe verändert werden kann. Die elektrische Spannung kann über dünne flexible Drähte oder Schleifringe, die auf der Plattform 4 ausgebildet sind, an die Piezosteller angeschlossen sein.

Es können aber auch mechanische Stellelemente, die längenveränderbar sind, wie mechanische Schrauben oder Keilkonstruktionen als Stellelemente 5 eingesetzt werden.

In der Fig. 1 ist außerdem eine optische Winkelmesseinrichtung 7 vorhanden, die horizontal auf die reflektierenden Planflächen des optischen Elementes 6 gerichtet ist, dargestellt. Mit dieser optischen Winkelmesseinrichtung kann der Neigungswinkel der Flächennormalen der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes 6 in Bezug zur Rotationsachse der Welle 3 ermittelt werden.

Eine solche optische Winkelmesseinrichtung 7 kann beispielsweise ein Autokollimationsfernrohr sein. In einer anderen Variante kann aber auch mittels einer Lichtquelle, gegebenenfalls über eine Lichtleitfaser Licht auf die reflektierenden Planflächen gerichtet und das zurückreflektierte Licht mit einem ortsauflösenden optischen Detektor, z. B. eine CCD-Zeile oder ein CCD-Array, der Neigungswinkel der reflektierenden Planflächen unmittelbar und in Bezug zur Einstrahlungsrichtung und mittelbar zur Rotationsachse der Welle 3 bestimmt werden.

Die Stellelemente 5 können, wie bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung erklärt, in zwei verschiedenen Alternativen auf der Plattform 4 angeordnet sein, wobei das Verfahren zur Ausrichtung des optischen Elementes 6 in Bezug zur Welle 3 dann, wie ebenfalls bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung beschrieben, jeweils entsprechend durchgeführt wird.

In nicht dargestellter Form kann eine Klebstoffzuführung schräg von oben zum Spalt zwischen Welle 3 und oberer Oberfläche des optischen Elementes 6 zur dauerhaften Verbindung dieser beiden Teile vorhanden sein.

In Fig. 1 ist ebenfalls auf die Darstellung einer Dreheinrichtung für die Welle 3 verzichtet worden. Mit dieser Dreheinrichtung kann die Welle 3 mit dem daran lose befestigten optischen Element 6 in bekannten Winkelschritten gedreht werden, wobei die jeweilige Winkellage einer hier ebenfalls nicht dargestellten Speichereinheit, die Bestandteil einer elektronischen Steuer- und Auswerteeinheit ist, zugeführt wird. Dem entsprechenden Drehwinkel der Welle 3 zugeordnet, können dann auch die mit der optischen Winkelmesseinrichtung 7 gemessenen Neigungswinkel zugeordnet dieser Speichereinheit zugeführt und für die Manipulation der Stellelemente 5 für die Ausrichtung des optischen Elementes 6 genutzt werden, so dass durch iterative Verstellung der Länge der einzelnen Stellelemente 5 Parallelität zwischen Rotationsachse der Welle 3 und den Flächennormalen der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes 6 erreichbar wird.

Nach Einspannen der entsprechend vorbereiteten Welle 3 in die Lagerschalen 1 und 2, wie in Fig. 1 gezeigt, wird zuerst so vorgegangen, dass entweder genau einander gegenüberliegende bzw. nahezu genau einander gegenüberliegende reflektierende Planflächen mit ihren Neigungswin-

keln in Bezug zur Rotationsachse vermessen werden, um mit Hilfe einer Längenvariation von Stellelementen 5 die Differenz der beiden Neigungswinkelmesswerte in Richtung 0 zu bringen, was schematisch mit den beiden Abbildungen von Fig. 2 in stark übertriebener Form angedeutet worden ist. So kann durch Differenzbildung der erforderliche Kippwinkel  $\alpha$  für diese Ebene bestimmt werden, wobei andere Ebenen durch ähnliche Messungen in anderen Winkelpositionen entsprechend berücksichtigt werden können.

Nachdem Welle 3 und optisches Element 6 ausreichend genau zueinander ausgerichtet und dauerhaft miteinander verbunden worden sind, kann die Plattform 4 mit den Stellelementen 5 demontiert und das fertige, aus Welle 3 und optischem Element 6 bestehende Teil bestimmungsgemäß für eine hochauflösende Bildprojektion eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausrichtung eines optischen Elementes in Bezug zur Rotationsachse einer Welle und Befestigung des optischen Elementes an der Welle, bei dem das optische Element (6), an dem mindestens zwei reflektierende Planflächen radial außen angeordnet sind, eine Bohrung aufweist, durch die die Welle (3) gesteckt und das optische Element (6) in der Bohrung lose gehalten wird; die Welle (3) beidseitig drehbar gelagert, an der Welle (3) eine Plattform (4), als Träger von Stellelementen (5) temporär befestigt wird, wobei die mindestens drei Stellelemente (5) in unmittelbarem Kontakt zum optischen Element (6) stehen und die Welle (3), um ihre Rotationsachse gedreht und dem jeweiligen Drehwinkel zugeordnet, die Neigungswinkel der Flächennormalen der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes (6) in Bezug zu einer stationären Beobachtungsrichtung gemessen werden, die ortsfest zur Rotationsachse verläuft und daraus die Verkippung des optischen Elementes (6) in Bezug zur Rotationsachse der Welle (3) optisch bestimmt wird, die Länge der einzelnen Stellelemente (5) sukzessive variiert und so das optische Element (6) in Bezug zur Rotationsachse der Welle (3) so ausgerichtet wird, dass die Flächennormalen der reflektierenden Planflächen in einem definierten Winkel zur Rotationsachse ausgerichtet sind und in dieser Stellung optisches Element (6) und Welle miteinander dauerhaft verbunden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (3) und das optische Element (6) durch Kleben miteinander verbunden werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (3) und das optische Element (6) durch Lötten miteinander verbunden werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Welle (3) und das optische Element (6) durch Schweißen miteinander verbunden werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass in die Spalte zwischen Welle (3) und den Lagerschalen (1, 2) ein Fluid eingepresst wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige Drehwinkel der Welle (3) bestimmt und dem jeweils gemessenen Neigungswinkel des optischen Elementes (6) zugeordnet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungswinkel zwi-

schen der Beobachtungsrichtung und der Flächennormalen aller reflektierenden Planflächen des optischen Elementes (6) gemessen wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei drei symmetrisch um die Rotationsachse der Welle (3) angeordneten Stellelementen (5), die Lageveränderung des optischen Elementes (6) in zwei Schritten erfolgt, indem im ersten Schritt, die Länge eines der drei Stellelemente (5) um einen bestimmten Betrag und die Länge der beiden anderen Stellelemente (5) um den halben Betrag in der entgegengesetzten Richtung verändert wird und in einem zweiten Schritt das zuerst in seiner Länge veränderte Stellelement (5) in seiner Länge konstant gehalten wird, während die beiden anderen Stellelemente (5) um einen vorgebbaren Betrag in ihrer Länge in jeweils entgegengesetzter Richtung verändert werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Schritt zwei der Stellelemente (5) um einen vorgebbaren Betrag in jeweils entgegengesetzter Richtung in ihrer Länge verändert werden und in einem nachfolgenden zweiten Schritt das dritte bis dahin in seiner Länge nicht veränderte Stellelement (5), um einen Betrag in eine Richtung und die Länge der beiden anderen Stellelemente (5) um den dazu halben Betrag in die dazu entgegengesetzte Richtung in ihrer Länge verändert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei drei an Eckpunkten eines Quadrates, durch dessen Mittelpunkt die Rotationsachse verläuft, angeordneten Stellelementen (5), lediglich die Länge der zwei Stellelemente (5) verändert wird, die gemeinsam und mit der Rotationsachse auf einer Achse angeordnet sind.

11. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen Lagerschalen (1, 2) und Welle (3) wirkenden Kräfte gemessen werden.

12. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem optischen Element (6) und der Plattform (4), auf der die Stellelemente (5) angeordnet sind, verbundene Welle (3) in einer Gleitlagerung mit mindestens einer sphärischen Lagerschale (1, 2) drehbar gelagert und eine optische Winkelmesseinrichtung (7) zur Bestimmung der Neigungswinkel der reflektierenden Planflächen des optischen Elementes (6) vorhanden sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Winkelmesseinrichtung (7) ein Autokollimationsfernrohr ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Winkelmesseinrichtung (7) eine Lichtquelle mit ortsauflösendem optischen Detektor ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente (5) Piezosteller sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellelemente (5) mechanisch längenverstellbar sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (6) ein Prisma oder ein Polygonspiegel ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass an den Lagerschalen (1, 2) Zuführungen (11, 21) für Fluid vorhanden sind.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18,

dadurch gekennzeichnet, dass an den Lagerschalen (1, 2) Druck- oder Kraftsensoren angeordnet sind.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass drei Stellelemente (5) in gleichen Winkelabständen zueinander und in jeweils gleichem Abstand zur Rotationsachse der Welle (3) auf der Plattform (4) angeordnet sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass drei Stellelemente (5) an drei Eckpunkten eines Quadrates, dessen Mittelpunkt in der Rotationsachse der Welle (3) liegt, auf der Plattform (4) angeordnet sind.

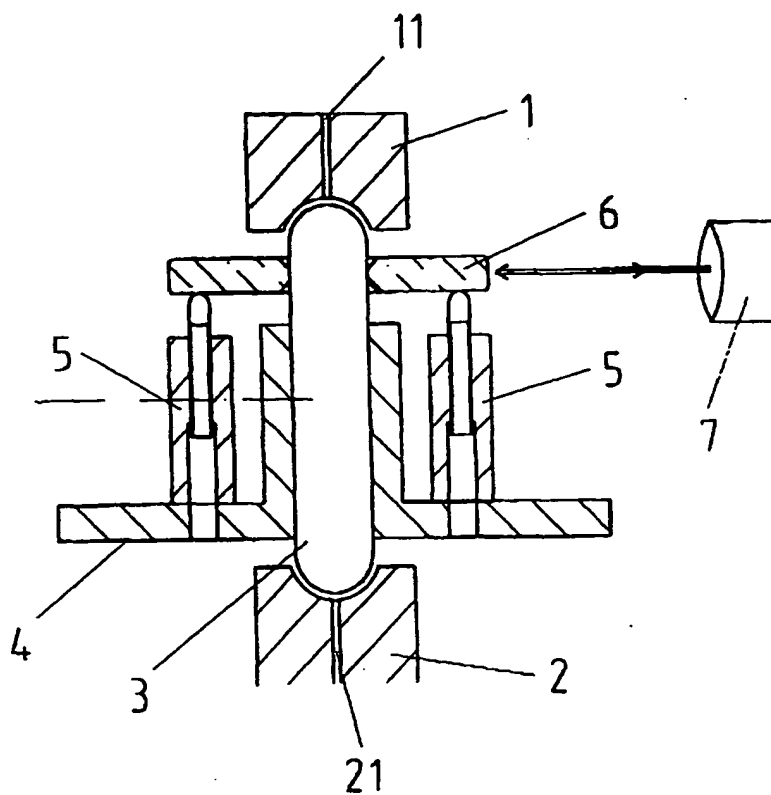
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (6) mit einer gegen die Auflagepunkte der Stellelemente (5) wirkenden Druckkraft beaufschlagt ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

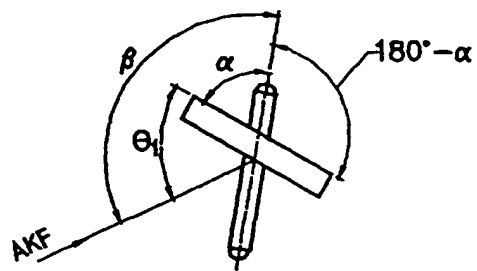
---

- Leerseite -



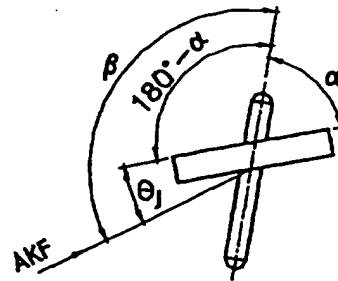
Figur 1





Ausgangslage

$$\alpha + \theta_1 = \beta$$



um 180° gedreht

$$180^\circ - \alpha + \theta_1 = \beta$$

Figur 2